

532.5
W112
h er



LAPORAN PENELITIAN

HIDRODINAMIKA REAKTOR AIR-LIFT RECTANGULAR UNTUK FLUIDA NON-NEWTONIAN

Oleh :

Widayat, ST., MT.
Suherman, ST., MT.

Dibiayai Oleh Proyek Peningkatan Penelitian Pendidikan Tinggi
Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional,
Sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Penelitian Dosen Muda
Nomor : 028/P4T/DPPM/PDM/III/2003 tanggal 28 Maret 2003

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO SEMARANG

Oktober, 2003

UPT-PUSTAK-UNDIP

No. Daft.: 586 / .K.T. / f.t. / a.b.

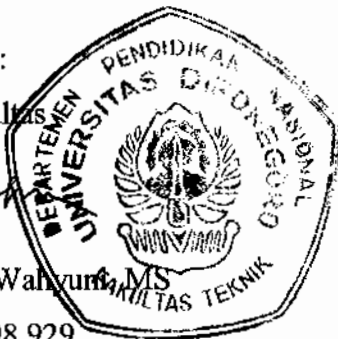
LEMBAR IDENTITAS DAN PENGESAHAN

1. a. Judul Penelitian : **Hidrodinamika Reaktor Air-Lift**
Rectangular untuk Fluida Non-Newtonian.
- b. Kategori : I
2. Ketua Peneliti
- a. Nama Lengkap dan Gelar : Widayat, ST, MT
- b. Jenis Kelamin : Pria
- c. Pangkat,/ Golongan /NIP : IIIa / Penata Muda / 132 207 766
- d. Jabatan fungsional : Lektor
- e. Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Kimia
- f. Universitas : Diponegoro Semarang
- g. Bidang Ilmu yang diteliti : Teknologi
3. Jumlah Anggota Peneliti : 1 Orang
- a. Nama Anggota Peneliti I : Suherman, ST., MT.
4. Lokasi Penelitian : Laboratorium Teknik Kimia I Jurusan Teknik
Kimia Fakultas Teknik Universitas
Diponegoro, Semarang
5. Lama Penelitian : 9 (sembilan) bulan
6. Biaya yang Diperlukan : Rp. 5.000.000,-
(Lima Juta Rupiah)
-

Mengetahui:

Dekan Fakultas

Ir. Hj. Eko Wahyuni, MS
NIP. 130 898 929



Semarang, 20 Oktober 2003

Ketua Peneliti,

Widayat, ST., MT
NIP. 132 207 766

Menyetujui:

Ketua Lembaga Penelitian



(Prof. Dr. Ir. Ign. Riwanto, Sp.BD)

NIP. 130 529 454

RINGKASAN

Reaktor air lift merupakan salah satu dari sekian banyak macam reaktor yang digunakan dalam reaksi multifase. Reaktor ini banyak dipakai dalam operasi kontak antara fase gas-cair (transfer massa) dalam proses industri kimia, bioteknologi (sebagai bioreaktor), dan pengolahan limbah secara biologis (aerob) yang menggunakan lumpur aktif. Fluida yang digunakan pada fermentasi akuatik, limbah yang diolah dengan metode lumpur aktif, dan produk fraksi berat petrokimia merupakan fluida yang bersifat non-newtonian.

Industri yang telah menggunakan reaktor *air lift* telah banyak, namun macam penggunaannya masih sangat terbatas. Konsep dasar yang digunakan dalam perancangan masih sedikit literature, sehingga sering menimbulkan variasi dan pendapat yang berbeda. Oleh karena itu konsep dasar perancangan yang dipakai dalam perancangan reaktor masih sangat dibutuhkan.

Dua hal yang mendasari mekanisme kerja dari reaktor tersebut, yaitu: hidrodinamika reaktor dan transfer massa gas-cair. Hidrodinamika reaktor mempelajari kelakuan dinamik cairan dalam reaktor sebagai akibat laju alir gas masuk reaktor dan karakteristik cairannya. Hidrodinamika reaktor meliputi hold up gas (fraksi gas saat penghamburan) dan laju sirkulasi cairan. Sedang transfer massa mempelajari perpindahan massa dari gas ke cair.

Pada fermentasi aerob ini, jumlah oksigen yang tersedia dalam fase cair sangat menentukan keberhasilan fermentasi. Oksigen dapat berada dalam fase cair, jika terjadi perpindahan massa oksigen dari fase gas ke fase cair. Perpindahan massa oksigen terjadi jika ada beda konsentrasi (*driving force*) antara fase gas dengan fase cair dan adanya kontak antara fase gas-cair. Kecepatan perpindahan massa sangat dipengaruhi oleh koefisien perpindahan massa antara fase gas-cair. Koefisien ini dipengaruhi secara langsung oleh laju alir gas di dalam reaktor, laju alir cairan, kekentalan, densitas, suhu, diameter gelembung gas di dalam cairan, dan difusivitas efektif gas di dalam cairan.

Penelitian ini bertujuan mempelajari pengaruh densitas, laju alir volumetrik udara dan viskositas larutan pati terhadap hold up gas dan laju sirkulasi cairan; dan mempelajari pengaruh viskositas larutan pati dan laju alir udara terhadap koefisien perpindahan massa.

Reaktor air lift berbentuk rectangular dengan dimensi tinggi 106 cm, luas daerah riser = $14,2 \times 8,3 \text{ cm}^2$ dan downcomer $14,2 \times 5,5 \text{ cm}^2$. Fluida non newtonian yang digunakan

adalah larutan tepung pati dengan konsentrasi antara 2-10% dan udara yang berasal dari kompresor dengan laju volumetrik 45 ~ 225 cc/dt. Kondisi operasi yang dibuat tetap adalah tinggi cairan 80 cm, temperature kamar dan tekanan atmosferik. Studi hidrodinamika yang diamati adalah perubahan tinggi cairan dan waktu yang diperlukan tracer untuk menempuh panjang lintasaan. Perpindahan massa gas-cair menggunakan metode sulfit, dimana oksigen terlarut dianalisa dengan metode iodometri.

Hasil penelitian tentang hidrodinamika reaktor menunjukkan bahwa kenaikan densitas cairan akan mengakibatkan penurunan hold up gas dan laju sirkulasi cairan, kenaikan viskositas cairan akan mengakibatkan penurunan hold up gas dan laju sirkulasi cairan, pertambahan laju alir menyebabkan kenaikan hold up gas dan laju sirkulasi cairan. Untuk studi perpindahan massa, hasil penelitian menunjukkan bahwa kenaikan viskositas menyebabkan penurunan koefisien transfer massa dan pertambahan laju alir udara mengakibatkan kenaikan koefisien transfer massa

SUMMARY

The airlift reactor is a bioreactor can used for aerobic fermentation process. This reactor is commonly used in gas-liquid contacting in the chemical process industry, biotechnology-based production and environmental waste treatment such as the activated sludge biological treatment of wastewater. Fluids were used in submerged fermentation, waste treatment with activated sludge and bottom product in petrochemical industry are classified as non-Newtonian fluids. Industries were implemented airlift reactor very much, but the type of product still limited.

Parameters that depend in air lift reactor design are hydrodynamic reactor include gas hold up or volume fraction of gas in the dispersion, circulation velocity and mass transfer. The gas-sparged riser has a higher gas hold up than down comer and this difference in hold up causes liquid circulation in the reactor.

In aerobic fermentation process, oxygen content in liquid phase determinate of successful fermentation process. The oxygen is liquid phase, if mass transfer from gas to liquid was occurred. Mass transfer of oxygen can occur if any difference of concentration (*driving force*) between gases phase with liquid phase and the gas phase contacting with liquid phase. The coefficient of mass transfer was depending by velocity of gas in reactor, liquid velocity, viscosity, density, temperature, diameter of bubble gas in liquid and effective diffusivity gas in liquid.

The objective of this research is study of influence of density, viscosity and volumetric flow of gas to hold up gas and liquid circulation; and influence of viscosity of starch solution and volumetric flow of gas to coefficient of mass transfer.

The rectangular air lift reactor with height of 106 cm, riser area $14,2 \times 8,3 \text{ cm}^2$ and down comer area $14,2 \times 5,5 \text{ cm}^2$. Non newtonian fluids were used starch solution with concentration of 2-10% and air from compressor. Air volumetric flow was variated in 45 – 250 cc/s, height of fluids 80 cm. The gas hold up measure with change height of fluid in inverted manometer on riser and downcomer, and measurement of circulation velocity in downcomer using time needs for fluids flow in distance 50 cm. The mass transfer coefficient was measured using sulfite method. Oxygen dissolved analyzed with iodometri method

The results of this research show increasing of volumetric flow of air cause increase gas hold up and circulation velocity, increasing concentration of fluids cause decrease gas hold up and circulation velocity. The results of this research show increasing of air volumetric flow cause increasing mass transfer coefficient and increasing concentration of fluids cause decrease mass transfer coefficient. For influence of viscosity, increasing of viscosity of starch solution can cause decrease mass transfer coefficient.

PRAKATA

Peneliti mengucapkan puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat-Nya, sehingga peneliti dapat menyelesaikan penelitian dan laporan ini. Laporan Akhir Penelitian dengan judul "**Hidrodinamika Reaktor Air-Lift *Rectangular* untuk Fluida Non-Newtonian**" berisi tentang pendahuluan, tinjauan pustaka, tujuan dan manfaat penelitian dan hasil penelitian. Pendahuluan berisi tentang hal yang melatar belakangi penelitian ini dan perumusan masalah.

Pada kesempatan ini peneliti mengucapkan terima kasih kepada **P4T Dikti Departemen Pendidikan Nasional**, yang telah membiayai penelitian ini melalui program Dosen Muda. Peneliti juga mengucapkan terima kasih kepada **Ketua Lembaga Penelitian UNDIP** yang telah mengkoordinasi program penelitian, **Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik UNDIP** yang telah memberikan ijin untuk mengadakan penelitian di Laboratorium Teknik Kimia I. Peneliti juga mengucapkan terima kasih kepada Mahasiswa kami atas nama **Didik Susilo** dan **Sigit Pranoto** yang telah membantu pelaksanaan penelitian.

Akhirnya peneliti berharap hasil penelitian dapat memberikan sumbangan bagi perkembangan ilmu pengetahuan khususnya dalam bidang bioteknologi. Saran dan kritik yang bersifat membangun selalu penyusun harapkan, demi kesempurnaan penelitian ini.

Semarang, Oktober 2003

Peneliti

DAFTAR ISI

	Hal
Halaman Judul	i
Lembar Identitas dan Pengesahan	ii
Ringkasan	iii
Summary	v
Prakata	vii
Daftar Isi	viii
Daftar Gambar	ix
Daftar Lampiran	x
Daftar Notasi	xi
Bab I Pendahuluan	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
Bab II Tinjauan Pustaka	3
2.1 Reaktor Air Lift	3
2.2 Hold Up Gas	5
2.3 Laju Sirkulasi Cairan	6
2.4 Perpindahan Massa Gas-Cair	7
Bab III Tujuan dan Manfaat penelitian	8
3.1. Tujuan Penelitian	8
3.2 Manfaat Penelitian	8
Bab IV Metode Penelitian	9
4.1 Penetapan Variabel	9
4.2 Respon atau Pengamatan	9
4.3 Alat dan Bahan	9
4.5 Prosedur Percobaan	11
Bab V Hasil dan Pembahasan	13
5.1. Pengaruh Densitas terhadap Hidrodinamika Reaktor	13
5.2. Pengaruh Viskositas terhadap Hidrodinamika Reaktor	14
5.3 Pengaruh Laju Alir Udara terhadap Hidrodinamika Reaktor	15
5.4 Pengaruh Viskositas dan Laju Alir Udara terhadap Koefisien Perpindahan Massa (K _{la})	17
Bab VI Kesimpulan dan Saran	20
6.1. Kesimpulan	20
6.2. Saran	20
Daftar Pustaka	21
Lampiran	22

DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 2.1. Jenis-jenis reaktor air-lift	4
Gambar 2.2. Blok diagram hubungan laju sirkulasi, hold up gas, perpindahan massa dan turbulensi	6
Gambar 4.1 Rangkaian Alat Percobaan	10
Gambar 5. 1. Pengaruh densitas terhadap hold up gas pada berbagai laju alir udara	13
Gambar 5.2. Pengaruh densitas terhadap laju sirkulasi cairan pada berbagai laju alir udara	14
Gambar 5. 3. Pengaruh viskositas terhadap hold up gas pada berbagai laju alir udara	14
Gambar 5.4. Pengaruh viskositas terhadap laju sirkulasi cairan pada berbagai laju alir udara	15
Gambar 5.5. Pengaruh laju alir udara terhadap hold up gas pada berbagai konsentrasi larutan	16
Gambar 5.6. Pengaruh laju alir udara terhadap laju sirkulasi cairan pada berbagai konsentrasi larutan	16
Gambar 5.7. Grafik hubungan konsentrasi natrium sulfit sisa (N) dengan waktu pada berbagai laju udara	17
Gambar 5.8. Grafik hubungan konsentrasi natrium sulfit sisa (N) dengan waktu pada berbagai konsentasi tepung pati	18
Gambar 5.9. Pengaruh viskositas terhadap koefisien perpindahan massa (kLa)	19
Gambar 5.10. Pengaruh laju alir udara terhadap koefisien perpindahan massa (kLa)	19
Gambar C.1. Grafik hubungan laju alir volumetric udara dengan skala flow meter	27

DAFTAR LAMPIRAN

	Hal
Lampiran A. Personalia Penelitian	23
Lampiran B. Daftar Riwayat Hidup Peneliti	24
Lampiran C. Hasil Kalibrasi Laju Alir Udara	27
Lampiran D. Makalah yang terpublikasi	28
Lampiran E. Surat Keterangan Keikutsertaan PKMI	34

DAFTAR NOTASI

V_G	=	volume gas pada reaktor
V_L	=	volume cairan atau slurry dalam reaktor
Δh	=	perbedaan tinggi pada pembacaan <i>inverted manometer</i> U
Z	=	perbedaan antara taps tekanan
ρ_L	=	density cairan
ρ_G	=	density gas
h_L	=	tinggi cairan mula-mula di dalam reaktor
h_D	=	tinggi campuran cairan-gas setelah mencapai keadaan tunak.
L_C	=	panjang lintasan dalam reaktor
t_C	=	waktu yang dibutuhkan untuk menempuh lintasan
A_r	=	luasan bidang pada zona <i>riser</i>
A_d	=	luasan bidang pada zona downcomer
V_{Lr}	=	kecepatan interstitial cairan riser
V_{Ld}	=	kecepatan interstitial cairan downcomer
U_{Lr}	=	laju sirkulasi cairan riser
U_{Ld}	=	laju sirkulasi cairan downcomer
ε	=	hold up gas
kLa	=	koefisien transfer massa

BAB I

PENDAHULUAN

Dewasa ini teknik reaksi kimia telah berkembang dengan sangat pesat. Berbagai macam reaktan digunakan untuk memproduksi senyawa-senyawa baru yang dipakai untuk keperluan sehari-hari. Namun demikian, tidak semua reaktan mempunyai fase dan karakteristik yang sama. Hal ini menjadi tantangan baru untuk mempelajari sifat aliran, fenomena perpindahan massa, aspek termodinamik dan keminamik reaktan dan hidrodinamika reaktor yang digunakan sebagai alat prosesnya. Hidrodinamika reaktor yang meliputi : hold up gas dan cairan, laju alir sirkulasi, perpindahan massa antar fase, penurunan tekanan dan friksi antara fluida dengan dinding reaktor, perlu dipelajari untuk memperoleh besaran perancangan yang tepat.

Reaktor adalah alat atau tempat untuk mengkonversi suatu bahan baku menjadi produk yang mempunyai nilai guna dan ekonomis lebih tinggi. Reaktor air lift merupakan salah satu dari sekian banyak macam reaktor yang digunakan dalam reaksi multifase. Reaktor ini banyak dipakai dalam operasi kontak antar fase gas-cair (transfer massa) dalam proses industri kimia, bioteknologi (sebagai bioreaktor), dan pengolahan limbah secara biologis (aerob) yang menggunakan lumpur aktif. Fluida yang digunakan pada fermentasi akuatik dalam bioreaktor, limbah yang diolah dengan metode lumpur aktif, dan produk fraksi berat petrokimia merupakan fluida yang bersifat non-newtonian. Fluida-fluida ini mempunyai karakteristik yang sangat berbeda dengan fluida newton yang mudah diprediksi.

Fermentasi akuatik yang bersifat aerob merupakan fermentasi dengan media cair yang membutuhkan oksigen. Pada fermentasi aerob ini, jumlah oksigen yang dapat tersedia dalam fase cair sangat menentukan keberhasilan fermentasi. Oksigen dapat berada dalam fase cair, jika terjadi perpindahan massa oksigen dari fase gas ke fase cair. Hal ini sering disebut sebagai kelarutan oksigen di dalam suatu cairan. Perpindahan massa oksigen terjadi jika ada beda konsentrasi (*driving force*) antara fase gas dengan fase cair dan adanya kontak antara fase gas-cair. Kecepatan perpindahan massa sangat dipengaruhi oleh koefisien perpindahan massa antara fase gas-cair. Koefisien ini dipengaruhi secara langsung oleh laju alir gas di dalam reaktor, laju alir cairan, kekentalan, densitas, suhu, diameter gelembung gas di dalam cairan, dan difusivitas efektif gas di dalam cairan.

Penelitian tentang hidrodinamika reaktor air lift yang telah dilakukan yaitu pengaruh laju alir gas terhadap hold up dan laju sirkulasi cairan dengan fluida newtonian, menunjukkan bahwa bertambahnya laju alir gas akan meningkatkan hold up dan laju sirkulasi cairan (Heru Susanto, 1997). Untuk pengaruh densitas dan viskositas terhadap hold up gas dan laju sirkulasi cairan dengan menggunakan larutan CMC juga dilakukan oleh Purwanto dan Susanto, 1998. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa bertambahnya densitas dan viskositas akan menurunkan hold up dan laju sirkulasi. Penelitian tentang perpindahan massa pada fluida non-newtonian telah dilakukan pada larutan CMC dan xanthan menggunakan reaktor tangki berpengaduk, menunjukkan bahwa bertambahnya laju alir udara akan menaikkan koefisien transfer massa (Martinov dan Vlaev, 2002). Pada cairan organik (methanol, air, toluene dan ligroin) dalam reaktor bergelembung, menunjukkan bahwa bertambahnya laju alir udara akan meningkatkan koefisien transfer massa (Grund, Schumpe dan Deckwer, 1992). Demikian juga pada larutan CMC juga diperoleh fenomena yang sama (Deckwer 1991, Merchuk dan Ben-Zvi, 1992).

1. 2 PERUMUSAN MASALAH

Fermentasi akuatik yang bersifat aerob merupakan fermentasi dengan media cair yang membutuhkan oksigen. Fluida untuk proses fermentasi sebagian besar merupakan fluida non-newtonian. Hidrodinamika dan transfer massa fluida non-newtonian pada reaktor air lift belum banyak dipelajari. Pada fermentasi aerob ini, jumlah oksigen yang dapat tersedia dalam fase cair sangat menentukan keberhasilan fermentasi. Oksigen dapat berada dalam fase cair, jika terjadi perpindahan massa oksigen dari fase gas ke fase cair. Hal ini sering disebut sebagai kelarutan oksigen di dalam suatu cairan.

Perpindahan massa oksigen terjadi jika ada beda konsentrasi (*driving force*) antara fase gas dengan fase cair dan adanya kontak antara fase gas-cair. Kecepatan perpindahan massa sangat dipengaruhi oleh koefisien perpindahan massa antara fase gas-cair. Koefisien ini dipengaruhi secara langsung oleh laju alir gas di dalam reaktor, laju alir cairan, viskositas, densitas, suhu, diameter gelembung gas di dalam cairan, dan difusivitas efektif gas di dalam cairan.

Laporan penelitian ini mempelajari pengaruh viskositas, densitas dan laju alir udara terhadap hold up, laju sirkulasi cairan dan transfer massa gas-cair pada fluida non Newtonian dalam reaktor air lift rectangular. Fluida non-newtonian dibuat dari larutan tepung pati.